

3

ESTUDO DE CASO – HIDRELÉTRICA DE LAÚCA - ANGOLA

3.1

Caracterização e localização do aproveitamento hidrelétrico de Laúca

Intertechne Consultores S.A (2014), o aproveitamento está localizado no km 307,5 do rio Kwanza (medido a partir de sua foz), cerca de 50 km a jusante do AHE Capanda, próximo à localidade de N’hangue Ya Pepe.

O Aproveitamento Hidrelétrico de Laúca será o maior a ser construído em Angola e terá capacidade para produzir 2.067 megawatts de energia. Laúca, cujas obras tiveram início no final de 2012, deve durar cinco anos e oito meses, esta a 37 quilômetros de Capanda, na província do Kwanza-Norte. Vai gerar energia para o norte e centro do país, permitir a formação de técnicos nacionais, o desenvolvimento social e econômico regional e melhorar a qualidade de vida da população.

O acesso às obras é feito pela margem direita. Nessa margem, estão situadas às estruturas do desvio do rio e do circuito de geração. Este acesso pode ser feito por dois trechos. O primeiro, a partir da estrada que liga o AH Capanda à cidade do Dondo, percorrendo aproximadamente 57 km, a partir de Dondo. O segundo, indo até a localidade de N’hangue Ya Pepe, localizada nas proximidades da Sanzala Muta, cerca de 70 Km de Dondo, a partir do qual se percorrem cerca de 10 km de uma trilha coberta por vegetação.

O arranjo geral do AHE Laúca compreende obras a céu aberto e subterrâneo, em um aproveitamento do tipo derivação, que deverá ser implantado em um trecho do vale do rio Kwanza cujo curso é bastante encaixado, descrevendo a forma aproximada de um “S”, com queda natural da ordem de 100 m distribuída em uma extensão de 2,00 km.

O arranjo está constituído pelas seguintes estruturas hidráulicas:

- Barragem de Concreto Compactado com Cilindro – Altura Máxima de 130 m;
- Desvio do rio por 2 túneis na margem direita – já concluídos em Setembro/14);
- Descarregador de cheias no corpo da barragem, controlado por 3 comportas segmento – Capacidade de Projeto de 10.020 m³/s;
- Circuito Hidráulico de Geração Principal Subterrâneo – Potência Instalada de 2.004 MW, distribuída em seis unidades geradoras com turbinas do tipo Francis;
- Descarregador de Fundo com capacidade de 800 m³/s;
- Circuito Hidráulico de Geração Ecológico (aproveitamento de caudais ecológicos restituídos junto ao pé da barragem) – Potência Instalada de 65,5 MW;
- Subestações Convencionais de 400KV e 220 KV.

3.2

Tipo de barragem

De acordo com Intertechne Consultores S.A (2014), o barramento do AHE (Aproveitamento hidrelétrico) de Laúca é composto por barragem de CCR (Concreto Compactado com Rolo) do tipo gravidade no leito do rio e no fechamento das ombreiras.

A barragem de CCR, Figura 3.1, possui cerca de 1 km de comprimento. Sua maior altura corresponde aproximadamente 132,0 m. A crista está na elevação 855,00 m com 9,0m de largura livre para acesso rodoviário e pedonal e mureta de proteção na elevação 856,20 m. A face de montante tem uma capa de concreto convencional vibrado que forma a zona de impermeabilização da barragem. A face de jusante também conta com camada de concreto convencional para fins de acabamento.

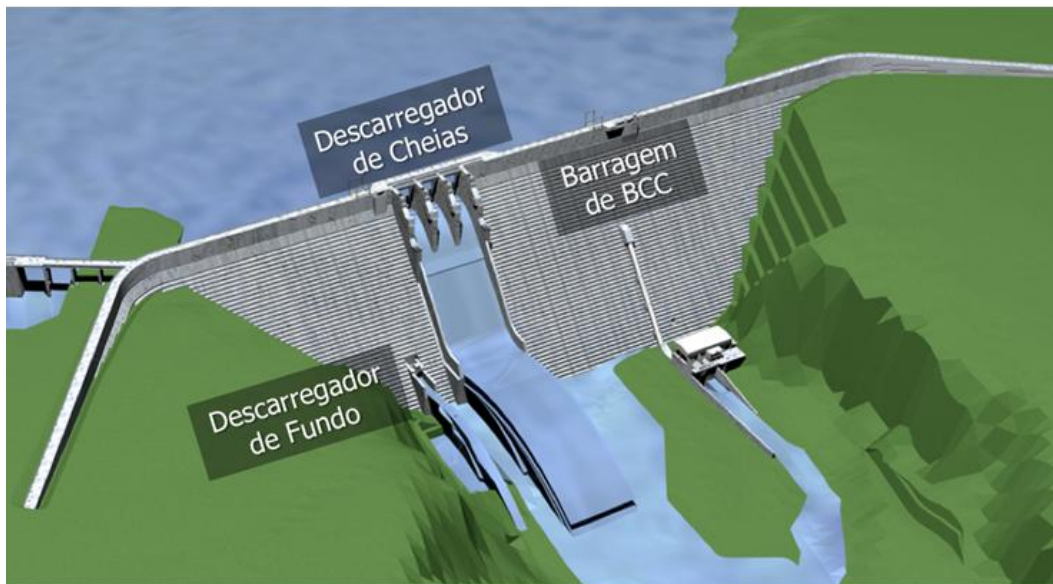


Figura 3.1 - Barragem de Laúca.

3.3 Rio Kwanza

Fontes da Intertechne Consultores S.A (2014), o rio Kwanza é o maior rio exclusivamente angolano. Nasce em Mumbué, município do Chitembo, Bié, no Planalto Central de Angola. O seu curso de 960 km desenha uma grande curva para Norte e para Oeste, antes de desaguar no Oceano Atlântico, na Barra do Kwanza, a sul de Luanda. Com uma bacia hidrográfica de 152.570 km², o Kwanza é navegável por 258 km desde a foz até ao Dondo. As barragens de Cambambe (Figura 3.2) e de Capanda produzem grande parte da energia elétrica consumida em Luanda (capital). As barragens também fornecem água para irrigação de plantações de cana-de-açúcar e outras culturas no vale do Kwanza. É no maior afluente do Kwanza, o rio Lucala, que se encontram as grandes Quedas de Kalandula. Junto da foz do rio fica o Parque Nacional da Quiçama.



Figura 3.2 - Barragem de cambambe.

O rio Kwanza foi o berço do antigo Reino do Ndongo, tendo também sido uma das vias de penetração dos portugueses em Angola no século XVI. O rio dá o seu nome a duas províncias de Angola — Kwanza Norte, na sua margem norte, e Kwanza Sul, na margem oposta — bem como, desde 1977, à unidade monetária nacional, o Kwanza.

A seguir às Tabelas 3.1 e 3.2, mostram de uma forma muito resumida algumas informações da hidrelétrica de Laúca – Angola, desde dados básicos do projeto até o dimensionamento das estruturas.

Tabela 5- Dados básicos do projeto da hidrelétrica de Laúca – Angola.

Dados Básicos			
Localização	Bacia Hidrográfica		Coordenadas UTM
País: Angola Províncias: Malange Kwanza Sul	Rio: Kwanza		N 8.923.161
	Distância da foz: 307,5 km		E 514.337
	Área de drenagem: 112.617 km²		
Dados Energéticos			
Acesso: Estrada Nacional EN 230	Potência Instalada total: 2.070 MW		
	Central Principal:	Central Ecológica:	
	Queda Bruta: 221,60 m	Queda Bruta: 130,00 m	
	Queda Líquida máxima: 218,67 m	Queda Líquida máxima: 128,32 m	
	Queda Líquida média: 212,68 m	Queda Líquida média: 122,80 m	
	Potência Instalada: 2.004 MW	Potência Instalada: 66 MW	
	Fator de capacidade: 49,2 %	Fator de capacidade: 90,9 %	
	Energia média: 987 MW médio	Energia média: 59,57 MW médio	
	Geração média: 8.646.120 MWh ano	Geração média: 521.833 MWh ano	
Albufeira		Caudais Característicos	
N.A. máximo normal:	850,00 m	Média de Longo Termo:	619 m³/s
N. A. máximo maximorum (CMP):	855,00 m	Regularizada no Período Crítico:	453,9 m³/s
N.A. Mínimo:	800,00 m	Caudal Ecológico:	60 m³/s
Caudais de Cheias de Projeto - Tempo de Recorrência			
Área Inundada (NA máx norm):	188,10 km²	10	3.161 m³/s
		50	4.337 m³/s
Volume Total:	5.482 x10 ⁶ m³	100	4.839 m³/s
Volume Útil:	4.120 x10 ⁶ m³	1.000	6.522 m³/s
		10.000	8.239 m³/s
		CMP	14.000 m³/s

Tabela 6- Dimensionamento das estruturas hidrelétricas de Laúca – Angola.

Dimensionamento das Estruturas			
Ensecadeiras		Canal de Adução	
Elevação da crista	758,00 m	Comprimento:	243,00 m
Altura máxima	35,00 m	Escavação comum:	251.405,00
Volume total de aterro:	600.082,00 m³	Escavação em rocha à céu aberto:	1.847.793,00 m³
		Barragem	
		Tipo:	Betão Compactado com Cilindro (BCC)
		Elevação da crista:	855 m
		Altura:	135 m
		Comprimento:	1.100 m
		Escavações:	
		Rocha à céu aberto:	1.338.500 m³
		Tomada de Água Principal	
		Betão convencional:	102.612 m³
		Central Principal	
		Comprimento:	293,95 m
		Escavação subterrânea em rocha:	353.083 m³
		Betão convencional:	79.623 m³
		Túneis de Acesso	
		Pátio de Transformadores e Comportas	
		Canal de Fuga	
		Comprimento	- m
		Escavação em rocha à céu aberto:	29.360 m³

3.4 Aspectos geológico-geotécnico

3.4.1 Geologia Regional

Em ARAÚJO & GUIMARÃES (1992), a geomorfologia do trecho médio do rio Kwanza encontra-se no Planalto de Malanje, onde as altitudes médias ficam entre 1.000 e 1.250 m, e, na sua parte ocidental, as cotas variam entre 600 e 950 m, o que caracteriza um relevo mais acidentado. É nesses locais, principalmente junto ao rio Kwanza, que os desníveis do relevo são mais abruptos, de 100 a 150m, o que propicia a existência de cachoeiras e corredeiras.

O vale do rio no troço do aproveitamento apresenta encostas escarpadas com até 150 m de altura, formadas pelos pacotes de rochas metassedimentares, depositados sobre o embasamento gnáissico (Figura 3.3). O leito do rio corre sobre os gnaisses, que pela influência dos lineamentos tectônicos, formam cachoeiras e corredeiras.



Figura 3.3- Vista da encosta da margem direita (fluxo para a esquerda).

3.4.2 Geologia Estrutural

Fonte de ARAÚJO (*etal.*, 1988), a região é composta por rochas de idades pré-cambrianas, ou seja, com mais de 540 milhões de anos. Está inserida no Horst Kwanza, definido como um dos grandes elementos tectônicos que constituem a coluna estratigráfica da Carta Geológica de Angola (escala 1:1. 000.000). Trata-se de uma elevação linear latitudinal do embasamento, com cerca de 300 km de comprimento e 25 a 50 km de largura e limitada, ao Norte e ao Sul, por falhas

profundas. Tal estrutura foi encoberta, em vários ciclos do Proterozóico Superior, por uma cobertura pouco espessa de depósitos sedimentares. O levantamento do bloco do embasamento atingiu a sua amplitude máxima na fase final (orogênica) do ciclo do Proterozóico Superior, afetando as camadas de sedimentos depositadas.

Associados aos terrenos gnáissicos-migmatíticos do complexo de base, ocorrem corpos de granitos intrusivos e de rochas vulcânicas maciças e intercalações e/ou lentes de itabiritos, provavelmente controladas pelas estruturas regionais citadas. Os depósitos metassedimentares tardi-Proterozóicos que recobrem o embasamento gnáissico são compostos principalmente por arenitos e siltitos com metamorfismo incipiente.

A região foi afetada por dois eventos orogênicos que tiveram grande influência nos dobramentos e metamorfismo, atingindo tanto as rochas sedimentares como as do complexo gnáissico de base e favoreceram o posicionamento de intrusões básicas e graníticas.

3.5

Geologia do Local de Aproveitamento

De acordo com Intertechne Consultores S.A (2014), a região do aproveitamento hidrelétrico de Laúca é composta por rochas metassedimentares - derivadas de arenitos e siltitos - e rochas cristalinas mais antigas, predominantemente gnaisses. Devido ao baixo grau metamórfico das rochas metassedimentares, que preservou a estrutura sedimentar original, estas serão referidas no texto pelos nomes de seus equivalentes sedimentares: arenitos, siltitos e brecha conglomerática.

Na área da barragem, as ombreiras são compostas pelas rochas metassedimentares, com os níveis de arenitos silicificados na porção superior e intercalações de siltitos e arenitos na porção inferior. No sopé das escarpas, ocorrem depósitos de tálus e colúvios quaternários que encobrem em grande parte o contato do gnaise com os metassedimentos. Tais depósitos apresentam espessuras da ordem de até 5,0 m.

No leito, o rio é composto por rocha gnáissica em toda a sua extensão. Ocorrem zonas de falhas onde a erosão é mais intensa, orientando o fluxo de água do rio.

O depósito metassedimentar superior, assente sobre o gnaiss, é constituído por uma brecha conglomerática basal, pouco friável e bem cimentada, com seixos angulosos de 10 cm a 50 cm de diâmetro e de espessura entre 0,5 m a 3,0 m, seguido por horizonte lenticular de cerca de 2 m de arenito esbranquiçado, brando e friável, feldspático e com níveis delgados de pelito arroxado intercalado.

Com base nos dados dos mapeamentos efetuados e das sondagens disponíveis pode-se observar a seguinte sequência estratigráfica do topo para a base das encostas:

- Unidade 1 - Arenitos silicificados. Possuem granulometria variável, compactos e duros, pouco alterados e de elevada resistência (espessura média de 25,0 m). São rochas com forte estratificação e eventualmente sinais de estratificações cruzadas de grande porte. A cobertura de solo varia entre 2,0 m e 4,0 m;
- Unidade 2 - Arenitos porosos. São rochas mais brandas que os arenitos silicificados, pouco feldspáticas e predominantemente porosas. A espessura média é de 35,0 m. Estes dois primeiros pacotes rochosos ocorrem intercalados;
- Unidade 3 - Intercalações de siltitos com arenitos. Fina estratificação de arenitos e argilitos, com predominância dos termos mais finos e espessura média de 10,0 m.
- Unidade 4 - Siltitos. Apresentam estratificação plano-paralela centimétrica bem marcada. Espessura do pacote em torno de 12,0 m;
- Unidade 5 - Brecha conglomerática basal. Composta por blocos angulosos do embasamento gnáissico envoltos em uma matriz fina e homogênea, composta essencialmente por material argiloso litificado, com espessura de até 3,0 m. Conforme observado nos testemunhos de sondagem dos furos SR-101, SR-104 e SR-108, esta unidade apresenta-se bastante compacta e maciça, indicando condições de baixa permeabilidade do maciço no contato entre os sedimentos e o gnaiss;
- Unidade 6 - Embasamento gnáissico. Rocha sã, com baixo grau de fraturamento e permeabilidade muito baixa.

Esta sequência ocorre na área da barragem, em ambas as margens, sem

grandes alterações, com a estratificação sub-horizontal bem destacada. Na área da central principal, as unidades 3 e 4 não ocorrem, e a unidade 5, de brecha conglomerática apresenta espessuras maiores, da ordem de 15,0 m. Essa alteração na sequência de rochas ocorre provavelmente por causa de um afinamento gradual da camada de siltito em direção à área da central, acompanhando a elevação suave observada no contato com o gnaiss, que na área da central se encontra aproximadamente na El. 810.

O pacote de rochas metassedimentares apresenta como principais controles estruturais a estratificação sub-horizontal e um fraturamentosubvertical que é mais intenso nas porções mais superficiais do maciço, onde se observam várias fraturas de alívio abertas, algumas de grandes dimensões. Este fraturamentosubvertical é o principal responsável pela configuração do vale do rio Kwanza, resultado da evolução geomorfológica da área.



Figura 3.4- Fratura de alívio aberta.

O falhamento principal (falha 1) tem direção N30°W e abaliza a calha do rio Kwanza montante dos túneis. Na interseção com a encosta, próximo a zona dos emboques dos túneis de desvio, este lineamento forma um profundo vale escavado na encosta. No rio, a região atravessada pelo lineamento forma um poço com maiores profundidades. Pode-se observar algumas rochas no rio com este mesmo alinhamento.

A área é atravessada por falhas geológicas identificadas em foto-interpretção e mapeamento de campo (Figura 3.5). A influência de algumas

destas falhas foram também observadas nos perfis de caminhamento elétrico realizados.

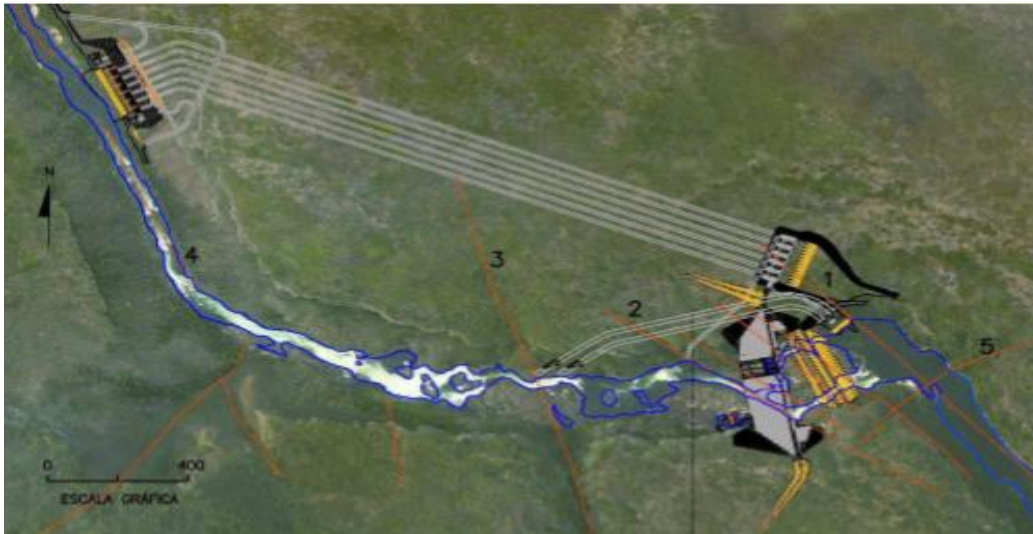


Figura 3.5- Principais lineamentos mapeados na área.



Figura 3.6- Vista da área do emboque, com a falha 1 marcada.

Entre os lineamento 1 e 2, há lineamentos menores subordinados, cuja influência é pouco evidente. O lineamento 2 é bem marcado no relevo, formando também um vale escavado na encosta (Figura 3.6) e sulcos no leito nos quais o rio se encaixa. A sondagem SR-102 foi executada com inclinação no intuito de interceptar a falha 2. Após a camada de brecha conglomerática, a sondagem atravessou uma camada de gnaiss alterada que pode estar associada à influência da falha.



Figura 3.7- Vista da encosta da margem direita, na área afetada pela falha 2 (fluxo para a esquerda).

A falha 3 tem direção N15-25W, subvertical, e ocorre a jusante da área dos desemboques. Sua influência na topografia é acentuada, formando um vale pronunciado escavado na margem esquerda e pequenos desníveis no leito do rio. Possivelmente, afeta mais profundamente a margem direita, porém a jusante da área das estruturas do desvio.

Entre o leito do rio e as encostas ocorre camada de “tálus” formada por blocos de tamanho dissimétrico a métrico com espessura pouco expressiva e que encobre o contacto entre o gnaisse da base e as rochas metassedimentares. Exceção ocorre em raros afloramentos na base das encostas da margem direita do AH Laúca.

3.6 Aspectos Geotécnicos

3.6.1 Barragem

Segundo Intertechne Consultores S.A (2014), o local do eixo do AHE Laúca está fortemente encaixado, com o leito rochoso em gnaisse e as encostas laterais escarpadas em rochas metassedimentares. O leito do rio é irregular e erodido, e uma parte do maciço constituinte da fundação apresenta uma boa qualidade. O mapeamento geológico-geotécnico de detalhe realizado indica que o maciço gnáissico é muito fraturado em zonas de falhas N65°W / verticais a subverticais, a rocha é compacta, dura, com resistência mecânica elevada e com pouca ou nenhuma alteração intempérica.

Entre o leito do rio e as encostas ocorre camada de “tálus” formada por blocos de tamanho dissimétricoa métrico com espessura entre 5,0 e 10,0 m e que encobre o contacto entre o gnaiss da base e as rochas sedimentares.

A partir do contato dos arenitos com os horizontes de rochas mais brandas subjacentes, é comum os taludes tornarem-se negativos. Outro aspecto relevante é a ocorrência de cavidades de dissolução (carbonato) nos pacotes de rochas brandas, observadas tanto nas exposições da base da encosta da margem direita quanto nos testemunhos de sondagem. Como se observa na figura 3.8, as feições de dissolução se apresentam como poros não conectados de diâmetro até 5 mm, restritos a níveis intercalados de arenitos e siltitos, e, portanto, não devem requerer nenhum tratamento especial.

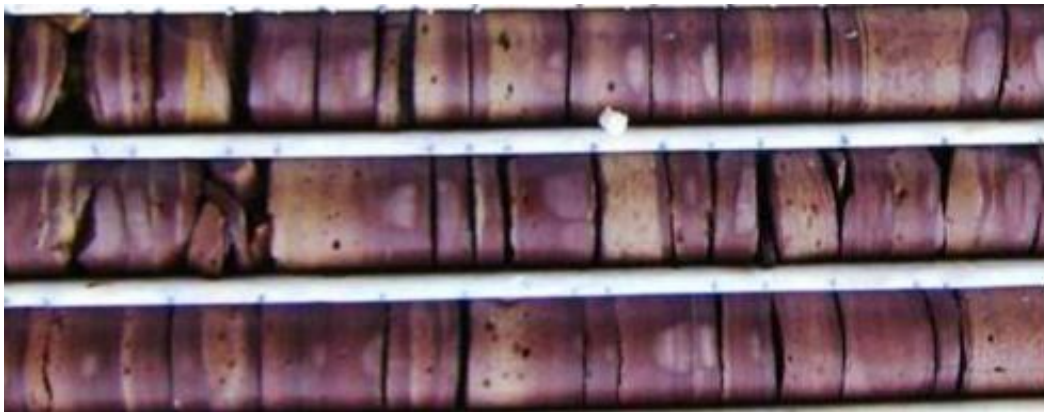


Figura 3.8-CalcarioPoroso.



Figura 3.9- Aspecto da encosta da margem direita, com os negativos formados na encosta.

Todas as formações sedimentares mencionadas apresentam-se sub-horizontais e encontram-se afetadas por falhas verticais ou subverticais, sem

rejeitos acentuados observados. Um sistema com direção EW mantém a verticalidade das encostas do vale e outro, com direção dominante, NS corta as formações. Nota-se que o alívio de tensão gerou fraturas abertas com extensão de até dezenas de metros e larguras métricas. Este fraturamentosubvertical poderá condicionar rupturas por tombamento nos taludes que se configuram mais paralelos a estas fraturas. Devido a essa possibilidade, no projeto atual se deu preferência por taludes de escavação abatidos. A Figura 3-10 mostra os aspectos da encosta.



Figura 3.10- Aspecto da encosta na área da central principal.

3.6.2

Mapa geológico local

O mapa geológico local visa mostrar os diferentes tipos e composições das diferentes rochas que constituem a área onde será implantada a hidrelétrica de Laúca conforme a Figura 3.11.

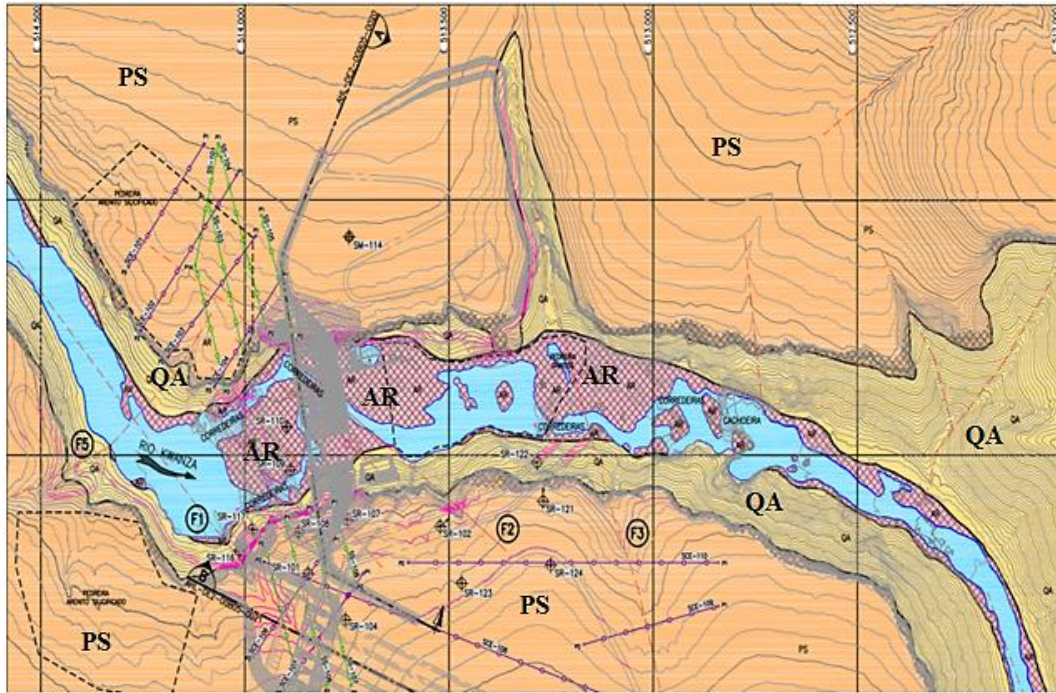
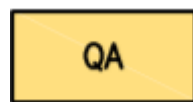
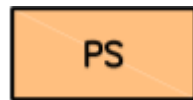


Figura 3.11- Mapa geológico local – planta.



Depósito de tálus e coluvionares superficiais.



Metarenitos, metassiltito e metaconglomerados.



Gnaiss anfibolitos e intrusões graníticas.



Afloramento rochoso.

3.6.3 Perfis Geológicos

O perfil geológico-geotécnico mostra as diferentes camadas e composição do maciço rochoso, também mostra a algumas sondagens feitas, constituição das diversas camadas que compõem o mesmo, suas profundidades em diferentes níveis e definição caracterizada de alguns parâmetros geotécnicos, nas Figuras 3.15 a 3.17 .

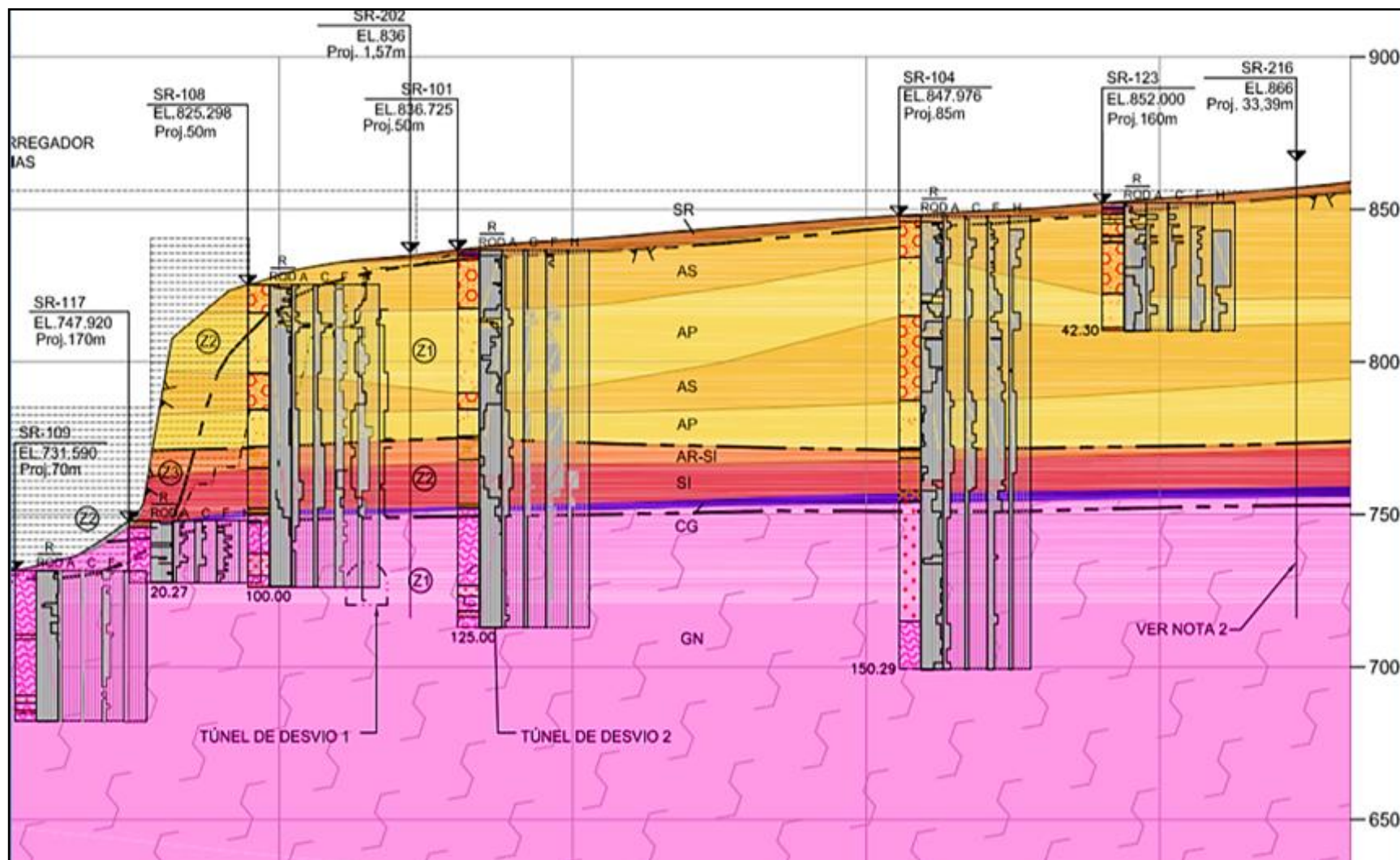
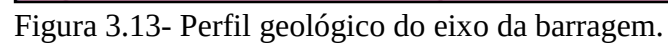


Figura 3.12 - Perfil geológico da margem direita.



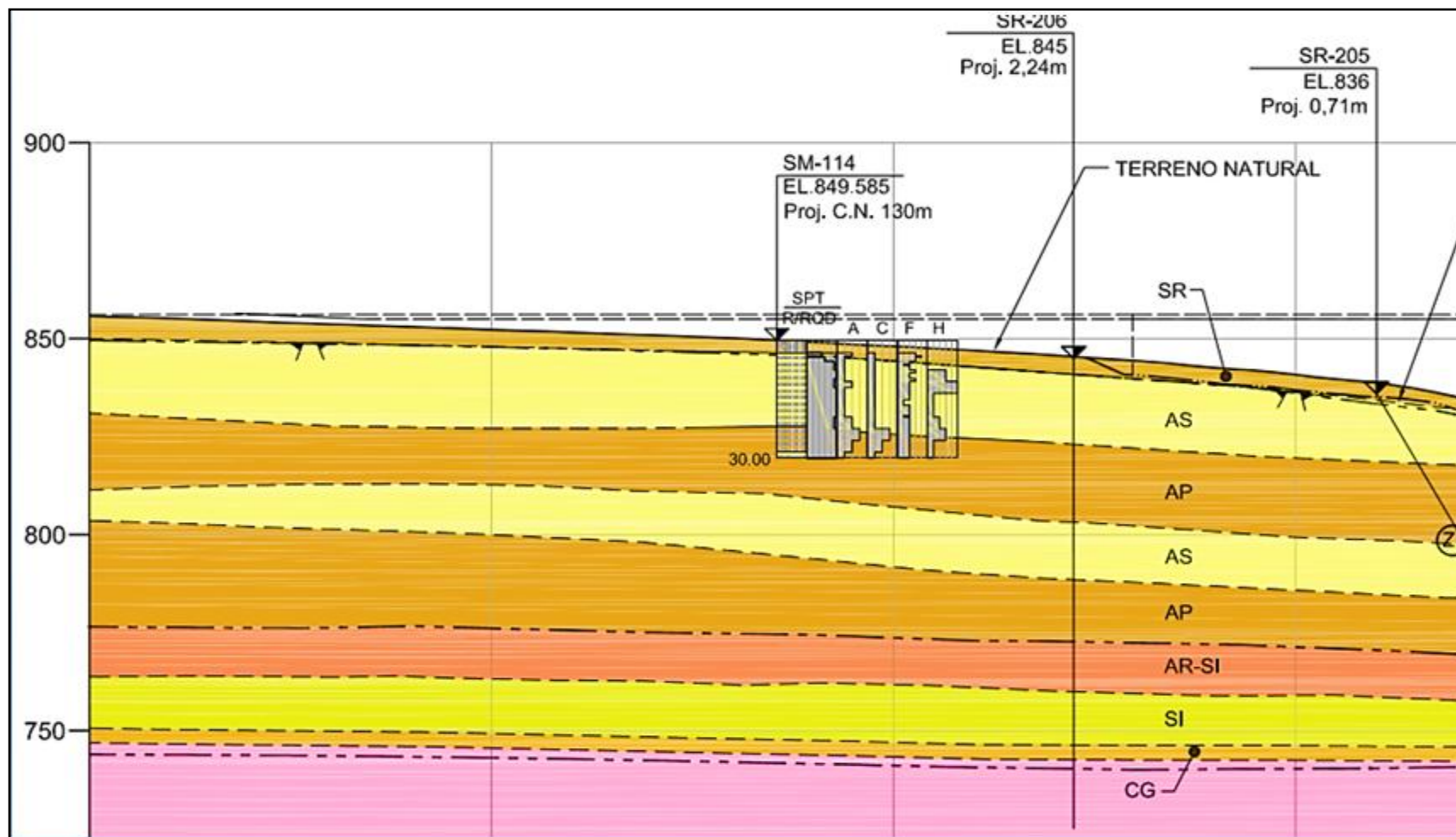
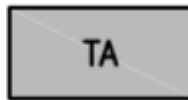


Figura 3.14 - Perfil geológico da margem esquerda.

A seguir, apresenta-se a legenda dos respectivos perfis geológicos.



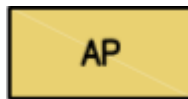
Solo residual.



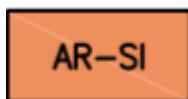
Depósito de tálus.



Arenito silificado.



Arenito poroso.



Transição arenito siltito.



Siltito.



Brecha conglomerática basal.



Gnaiss, anfibolitos e intrusões graníticas.

3.6.4

Resumo dos resultados dos ensaios em amostras de rochas

Intertechne Consultores S.A (2014), os resultados apresentados a seguir, conforme a Tabela 3.3, dos ensaios em amostra de rocha, foi feito na Universidade de São Paulo - Escola de engenharia de São Carlos, laboratório de mecânica das rochas, Lame (laboratório de materiais e construção), relatório número 1 Lame 161.2009-R2. Observando os resultados dos ensaios realizados em amostras de rocha, nota-se uma variação coerente nos valores de resistência à compressão uniaxial nas diferentes unidades litológicas. Os gnaisses e arenitos silicificados são as rochas de maior resistência, enquanto os siltitos e arenitos porosos apresentam valores menores. Os resultados de módulo de deformação estático e do coeficiente de Poisson estão apresentados para as taxas de aplicação de 30% e 50% da carga de ruptura dos corpos de prova.

Quanto aos valores obtidos de outras propriedades físicas e mecânicas, as amostras de arenitos porosos apresentaram, como esperado, os menores valores de massa específica, com porosidade e absorção de água altas, decorrentes da fraca cimentação da rocha, que por regra mostra aspecto “poroso” na inspeção visual dos testemunhos de sondagem.

Tabela 7- Resultados dos ensaios em amostras de rochas.

Furo	SR-118		SR-104	SR-114	SR-101	SR-108	SR-108	
Prof Inicial (m)	242,94	263,01	20	17	52,56	43,2	62	68
Prof Final (m)	247,23	267,21	23,05	20,46	56,2	46,05	65	71
Amostra	6	7	9	12	14	17	19	20
Litologia	Gnaiss	Gnaiss	Arenito Silicificado	Arenito Silicificado	Arenito Poroso	Arenito Poroso	Siltito	Siltito
SA - Cloretos (%)	0,0003	0,0013	0,0013	0,0013	0,0010	0,0010	-	-
SA - Sulfatos (%)	0,0003	0,0008	0,0003	0,0010	0,0063	0,0005	-	-
ME seca (g/cm3)	2,78	2,95	2,60	2,61	2,25	2,39	2,40	2,50
ME Sat (g/cm3)	2,78	2,95	2,61	2,62	2,33	2,44	2,47	2,55
Porosidade (%)	0,13	0,17	0,84	1,16	8,05	4,48	6,55	5,68
AA (%)	0,05	0,04	0,32	0,45	3,61	1,92	2,79	2,29
Reatividade (%)	0,11		0,26		0,20		-	-
Los Angeles (%)	16,00		28,00		50,00		-	-
Compressão simples (Mpa)	-	102,80	76,90	159,60	13,60	43,20	64,70	34,70
	-	186,90	97,40	150,10	34,60	88,90	60,70	60,20
	-	283,60	71,60	163,40	36,00	42,10	81,60	69,20
Média		191,10	81,97	157,70	28,07	58,07	69,00	54,70
Compressão axial (MPa)	-	117,50	105,70	140,40	24,40	68,30	-	67,20
Mod Elast 0,3 fc (Gpa)	-	90	40,3	40,1	21,7	36	-	37,4
Mod Elast 0,5 fc (Gpa)	-	78,9	40,9	42,3	21,3	36,2	-	32,5
Coef Poisson 0,3 fc (Gpa)	-	0,26	0,16	0,12	0,24	0,17	-	0,39
Coef Poisson 0,5 fc (Gpa)	-	0,14	0,16	0,12	0,33	0,17	-	0,39
Resistência à tração (MPa)	13,85	8,70	20,35	-	2,65	7,05	-	-
	21,10	9,25	13,85	-	3,25	8,35	-	-
	16,55	8,90	11,85	-	-	6,90	-	-
Média	17,17	8,95	15,35	-	2,95	7,43	-	-
Triaxial - σ_1 (Mpa)	247,50	317,70	329,30	-	-	100,00	-	-
	233,70	352,40	260,10	-	-	133,00	-	-
	229,50	321,70	274,90	-	-	127,40	-	-
Média	236,90	330,60	288,10	-	-	120,13	-	-

Tabela 8 - Sondagens executadas.

Sondagens Executadas							
Furo	Coordenadas		Elev. (m)	Prof. (m)	Dirção / Inclinação	Ensaio de Perm.	Medidor de nível de água
	N	E					
SR - 101	8.923.232	513.844	837	125	Vertical	Sim	Sim
SR - 102	8.923.139	513.522	837	145	235 / 30	Sim	Sim
SR - 104	8.923.322	513.753	848	150	Vertical	Sim	Sim
SR - 105	8.923.898	512.054	713	100	Vertical	Sim	Sim
SR - 107	8.923.126	513.749	826	100	Vertical	Sim	Sim
SR - 108	8.923.150	513.869	825	100	Vertical	Sim	Sim
SR - 109	8.923.029	513.889	731	50	Vertical	Sim	Sim
SR - 110	8.922.944	513.898	728	50	Vertical	Sim	Sim
SR - 114	8.923.572	513.744	850	30	Vertical	Sim	Sim
SR - 116	8.923.186	514.013	755	30	Vertical	Sim	Sim
SR - 117	8.923.144	513.981	748	20	Vertical	Sim	Sim
SR - 118	8.923.756	512.222	883	270	Vertical	Sim	Sim
SR - 120	8.923.932	512.098	752	140	Vertical	Sim	Sim
SR - 121	8.923.089	513.269	840	91	180 / 30	Sim	Sim
SR - 122	8.923.013	513.284	749	46	Vertical	Sim	Sim
SR - 123	8.923.250	513.469	852	42	Vertical	Sim	Sim
SR - 124	8.923.215	513.251	859	50	Vertical	Sim	Sim
SR - 125	8.923.607	512.884	885	80	Vertical	Sim	Sim

3.6.5 Parâmetros de Classificação

Os parâmetros de classificação estabelecem alguns limites sobre o grau de alteração, consistência e fraturamento, conforme a tabela 3.5.

Tabela 9 - Logs - Parâmetros de Classificação

Logs - Parâmetros de Classificação		
Alteração	A1	Sã
	A2	Pouco decomposta
	A3	Medianamente decomposta
	A4	Muito decomposta
	A5	Extremamente decomposta (saprolito)
Consistência	C1	Muito consistente
	C2	Consistente
	C3	Medianamente consistente
	C4	Pouco consistente
	C5	Sem consistência (friável)
Fraturamento	F1	Ocasionalmente fraturada
	F2	Pouco fraturada
	F3	Medianamente fraturada
	F4	Muito fraturada
	F5	Extremamente fraturada

3.6.6 Permeabilidade (K)

Permeabilidade é a taxa na qual a água se move através do solo ou rocha porosa. Nos maciços rochosos, a permeabilidade é maior quando o seu grau de fraturamento é muito elevado. Na tabela 3.6 apresenta - se os limites e grau, para a classificação permeabilidade.

Tabela 10- Permeabilidade

Permeabilidade (K)			
Grau	Denominação	Perda d'água Específica (L/min/m/kg/cm ²)	Permeabilidade Equivalente (cm/s)
K1	Muito baixa	< 0,1	$k < 10^{-5}$
K2	Baixa	0,1 - 1,0	$10^{-5} \leq k < 5 \times 10^{-4}$
K3	Moderada	1,0 - 5,0	$10^{-4} \leq k < 5 \times 10^{-4}$
K4	Alta	5 a 10	$5 \times 10^{-4} \leq k < 10^{-3}$
K5	Muito alta	> 10	$10^{-3} \leq k < 5 \times 10^{-3}$

3.6.7 Sismicidade

Intertechne Consultores S.A (2014), para o projeto do aproveitamento da hidrelétrica de Laúca foi realizado um estudo sísmico recente, concluído em fevereiro de 2013. Este estudo serviu de base para a definição dos sismos de projeto considerados para cada estrutura.

Angola é constituída por antigos platôs, existindo poucas áreas claramente reconhecidas como possuindo tectônica ativa. A sismicidade não é bem conhecida, sendo a delineação de zonas homogêneas muito dificultada pelos esparsos e incompletos registros sísmicos e ausência de estações sísmicas mais modernas, gerando grandes incertezas quanto aos parâmetros dos terremotos.

A recompilação dos dados sismológicos de Angola foi feita através de consulta às informações disponíveis em Sousa (1968), *Incorporated Research Institution of Seismology* (IRIS), *International Seismological Centre* (ISC) e *United States Geological Survey* (USGS). A base de dados recompilada abrange a região entre as coordenadas -4° e -20° de latitude e 10° a 28° de longitude, e consta de 1.589 sismos compreendidos no período de 1914 a 2012.

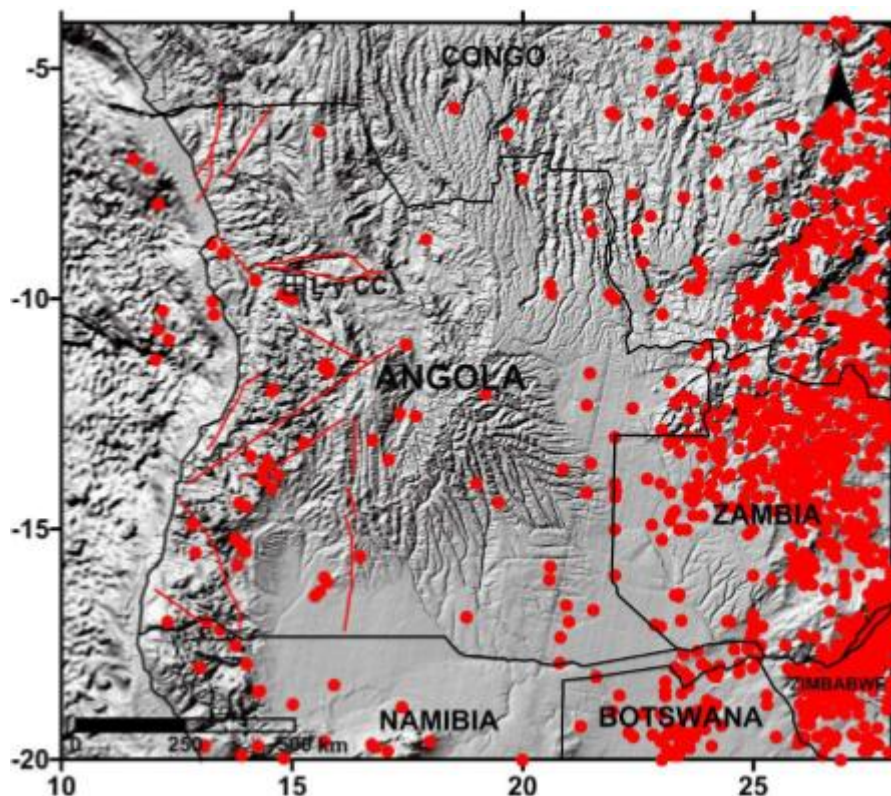


Figura 3.15- Mapa da sismicidade de Angola de acordo com a base de dados sismológica usada no estudo de ameaça sísmica.

Para SOUSA (1968), as etapas da metodologia probabilística de ameaça sísmica compreendem:

- Identificação e delimitação das fontes sísmicas;
- Determinação da atividade de cada fonte sísmica;
- Estabelecimento das relações de atenuação;
- Análise dos efeitos no sítio de acordo com os eventos sísmicos identificados.

Os trabalhos do Comitê de Grandes Barragens (USCOLD, 1999) sugerem a classificação das barragens de acordo com alguns fatores de risco, que incluem: Capacidade do reservatório, Altura da barragem, requerimentos de evacuação e dano potencial a jusante (Tabelas 3.7 e 3.8). De acordo com estes critérios, o aproveitamento hidrelétrico de Laúca apresenta uma pontuação de 26, classificada como apresentando Risco Alto.

Tabela 11- Pontuação para definir Categorias de Risco de Barragens de acordo com o Boletim 72 do ICOLD (1989), USCOLD 1996. (Pontos entre parêntesis)

Fatores de risco	Extremo	Alto	Moderado	Baixo
Capacidade do reservatório (hm ³)	> 120 (6)	120-1 (4)	1 - 0.01 (2)	<0.01 (0)
Altura da barragem (m)	> 45 (6)	45 – 30 (4)	30 – 15 (2)	< 15 (0)
Requerimentos de evacuação (número de pessoas)	>1,000 (12)	1,000 – 100 (8)	100 - 1 (4)	< 1 (0)
Dano potencial a jusante	Alto (12)	Moderado (8)	Baixo (4)	Nenhum (0)

Tabela 12- Categorização do risco ICOLD, Boletín 72 (1989), USCOLD 1999.

Pontuação total	Categoria de risco
0 – 6	I (Baixa)
7 – 18	II (Moderada)
19 – 30	III (Alta)
31 - 36	IV (Extrema)